

УДК 6971:6288.8.003.13

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ УЧЕБНЫХ ЗДАНИЙ**А. Л. Перекрест**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: wey77@mail.ru

Использование современных средств автоматизации позволяет обеспечить требуемую тепловую мощность системы отопления и ее погодозависимое изменение. Анализ нормативных документов позволил выделить три группы требований, которым должно удовлетворять любое здание с системой отопления. Для оценки эффективности мероприятий по регулированию мощности систем отопления в качестве основного показателя использован удельный суточный расход тепловой энергии на обогрев различных зданий, приведенный к действительным температурам внутреннего и наружного воздуха, а также длительности отопительного периода. В результате анализа определены показатели работы систем отопления трех учебных корпусов университета и сделан вывод о классах их энергоэффективности. Также установлено, что при отработке пониженных температурных графиков путем дистанционного управления тепловыми пунктами отдельных зданий обеспечиваются требуемые значения их тепловой мощности и, соответственно, необходимый уровень теплового комфорта в помещениях в рабочее время.

Ключевые слова: системы отопления, показатели эффективности, удельное теплотребление.**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ****А. Л. Перекрест**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: wey77@mail.ru

Використання сучасних засобів автоматизації дозволяє забезпечити необхідну теплову потужність системи опалення та її зміну залежно від погоди. Аналіз нормативних документів дозволив виділити три групи вимог, яким має задовольняти будь-яка будівля з системою опалення. Для оцінки ефективності заходів щодо регулювання потужності систем опалення як основний показник використана питома добова витрата теплової енергії на обігрів різних будинків, що приведений до дійсних температур внутрішнього й зовнішнього повітря, а також тривалості опалювального періоду. У результаті аналізу визначено показники роботи систем опалення трьох навчальних корпусів університету й зроблено висновок про класи їх енергоефективності. Також встановлено, що при відпрацьовуванні знижених температурних графіків шляхом дистанційного керування тепловими пунктами окремих будинків забезпечуються необхідні значення їх теплових потужностей й, відповідно, необхідний рівень теплового комфорту в приміщеннях у робочий час.

Ключові слова: системи опалення, показники ефективності, питома теплоспоживання.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Жизнедеятельность людей требует использования энергетических ресурсов. Они разные, но основные из них представлены в виде тепловой, гидравлической и электрической энергии, которые обеспечивают нагрев, водоснабжение и электроснабжение зданий. В последнее время большое внимание уделяется проблемам сбережения энергетических ресурсов. Разработана и утверждена энергетическая стратегия Украины до 2030 года, существует множество действующих норм и стандартов в сфере энергоэффективности зданий.

Для эффективного использования различных видов энергетических ресурсов необходимо решать задачи «энергопотребления, энергоиспользования и энергоуправления». В свою очередь, для реализации указанных задач требуется дополнительно решать задачу мониторинга. В конечном итоге для технической реализации указанных задач необходимо использовать соответствующие системы:

- системы учета энергоресурсов;
- системы анализа режимов энергопотребления;
- системы принятия решений и управления.

Таким образом, приходим к правилу «трех Э», которое интегрированно учитывает требования контроля, анализа и управления энергетическими ре-

сурсами (рис. 1) [1].

Проблема энергосбережения остро стоит в чрезвычайно энергоемкой отрасли – отрасли обеспечения потребителей тепловой энергией. Так, жилищно-коммунальное хозяйство потребляет 70 % всей производимой тепловой энергии, промышленность – 20 % и другие секторы экономики – 10 %. Структура этой отрасли включает централизованные и индивидуальные системы. При этом системы централизованного теплоснабжения (СЦТ) обеспечивают более 60 % всех потребителей и содержат в своем составе теплоэнергоцентрали (ТЭЦ) для комбинированного производства тепловой и электрической энергии, котельные и центральные тепловые пункты для распределения в пределах отдельных районов и потребителей в виде индивидуальных тепловых пунктов (ИТП), которые устанавливаются в каждом или группе зданий.

Наиболее важными с точки зрения обеспечения необходимого теплового комфорта конечного потребителя являются жилые, производственные и общественные здания.

Анализ состояния зданий показывает: большинство из них построено в 60–70 годы прошлого столетия и не отвечают современным требованиям к тепловой

изоляции ограждающих конструкций. При этом если здания жилого фонда кое-как утепляются в связи с относительно небольшими затратами на одну квартиру (шесть-семь тысяч гривен на двухкомнатную квартиру), то здания общественного и промышленного назначения ввиду отсутствия инвестиций и их большой величины характеризуются значительными тепловыми потерями. Так, на рис. 2 приведена термограмма части фасада учебного корпуса, где наглядно

видно, что поверхности ограждений имеют большие температуры, что приводит к увеличенным теплопотерям. В то же время простая замена деревянных окон на однокамерные пластиковые позволяет повысить комфорт в отдельной аудитории за счет уменьшения теплопотерь через стекла, что, соответственно, приводит к уменьшению температуры на поверхности установленных стеклопакетов.



Рисунок 1 – Систематизация требований при экономии энергетических ресурсов

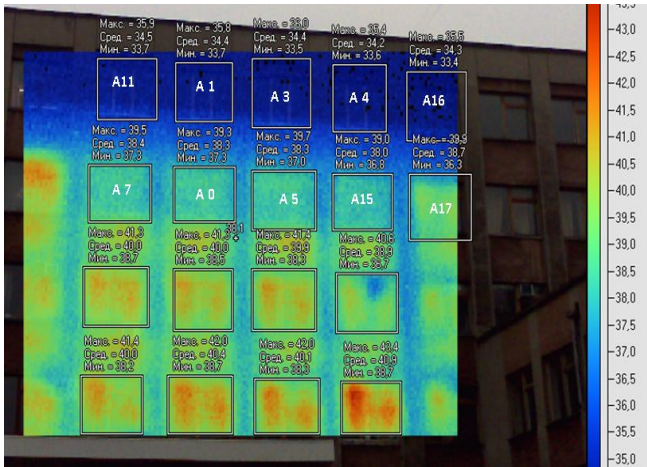


Рисунок 2 – Термограмма фасада учебного корпуса

При функционировании систем отопления зданий чрезвычайно важно иметь достоверные оценки режимов их работы для определения параметров энергетической эффективности. При этом под энергетической эффективностью здания понимается свойство его теплоизоляционной оболочки обеспечивать оптимальные микроклиматические условия в помещениях при фактических или расчетных расходах тепловой энергии на отопления здания [2]. Для записи данных о режимах работы систем отопления целесообразно применять частичную или полную, локальную или дистанционную их автоматизацию. Так, например, можно достоверно оценить работу системы отопления по показаниям теплового счет-

чика, который на основе измеренных данных о температурах и расходе теплоносителя рассчитывает и хранит абсолютные и средние показатели теплопотребления здания. Кроме того, установка дополнительной аппаратуры автоматизации [3] для осуществления погодозависимого регулирования теплоносителя позволяет иметь данные о работе узла смешения системы отопления и, соответственно, определить статические и динамические характеристики здания по различным каналам [4].

При наличии данных о режимах часовой, суточной или сезонной работы необходимо определить принципы и параметры для оценки эффективности работы той или иной системы отопления.

Таким образом, актуальным является вопрос усовершенствования существующих или поиска новых подходов при определении эффективности работы систем отопления.

Целью данной работы является анализ работы систем отопления зданий учебного заведения.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Любое здание должно соответствовать требованиям, которыми устанавливаются ограничения на показатели его теплотехнических параметров [3]. Так, теплотехнические показатели элементов ограждающих конструкций зданий должны соответствовать следующим условиям:

$$R_{\Sigma pr} \leq R_{q min}; \quad \Delta t_{pr} \leq \Delta t_{sn}; \quad \tau_{v min} > t_{min}, \quad (1)$$

где $R_{\Sigma pr}$ – приведенное сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции, $m^2 \cdot K / Wt$; $R_{q min}$ – минимальное значение сопротивления теплопередаче о-

раждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$; Δt_{pr} – температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и приведенной температурой внутренней поверхности, $^{\circ}\text{C}$; Δt_{sn} – допустимая по санитарно-гигиеническим нормам разница между температурой внутреннего воздуха и приведенной температурой внутренней поверхности, $^{\circ}\text{C}$; τ_{vmin} – минимальное значение температуры внутренней поверхности в зонах теплопроводных включений в ограждающей конструкции, $^{\circ}\text{C}$; t_{min} – минимально допустимое значение температуры внутренней поверхности при расчетных температурах внутреннего и внешнего воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Кроме показателей ограждающих конструкций предъявляются требования к расходу тепловой энергии на обеспечение оптимальных тепловых условий микроклимата в здании, отнесенному к единице отопительной площади или объему здания (q , $\text{кВт} \cdot \text{час} / \text{м}^2$ или $\text{кВт} \cdot \text{час} / \text{м}^3$). Так, удельный расход тепловой энергии на обогрев здания не должен превышать своего максимального значения:

$$q \leq E_{max} \quad (2)$$

По разнице в процентах расчетного или фактического значения q от максимально допустимого значения E_{max} определяется класс энергетической эффективности здания (табл. 1):

$$K_{EE} = \frac{q - E_{max}}{E_{max}} 100 \% \quad (3)$$

При этом численные значения E_{max} изменяются в зависимости от назначения, этажности, площади или объема здания, градусо-суток отопительного периода и нормируются в [4].

Таблица 1 – Классы энергоэффективности зданий

Класс EE	Значения по (3)	q для пятиэтажного учебного корпуса, $E_{max} = 31 \text{ кВт} \cdot \text{час} / \text{м}^3$ [3]
A	≤ -50	$\leq 15,5$
B	$(-49, -10)$	$(15,81; 27,9)$
C	$(-9, 5)$	$(28,21; 32,55)$
D	$(6, 25)$	$(32,86; 38,75)$
E	$(26, 75)$	$(39,06; 54,25)$
F	≥ 76	$\geq 54,56$

Градусо-сутки D_d отопительного периода (ГСОП) – условная единица превышения нормативного значения температуры внутреннего воздуха над значением среднесуточной температуры внешнего воздуха, умноженная на длительность отопительного периода (ОП):

$$D_d = (T_{vn} - T_{nar_sr})Z, \quad (4)$$

где Z – нормативная продолжительность отопительного периода; T_{nar_sr} – средняя температура внешнего воздуха за отопительный период, $^{\circ}\text{C}$. В Украине две климатические зоны [4]: для первой

$D_{d1} = 3750$ градусо-суток, для второй – $D_{d2} = 3250$ градусо-суток; для учебных заведений $T_{vn} = 18^{\circ}\text{C}$. Нормативная продолжительность отопительного сезона устанавливает период года, когда устойчивая среднесуточная температура наружного воздуха меньше или равна $+8^{\circ}\text{C}$ [5]; для Кременчуга $T_{nar_sr} = -1,3^{\circ}\text{C}$; $Z = 177$ суток.

Выполнение условий (1) и (2) для здания проверяется на основании результатов экспериментальных испытаний согласно ДСТУ Б В.2.2–21 «Будинки і споруди. Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків» или с использованием математических моделей теплового режима здания, а также по результатам расчетов согласно приложению Н ДБН В.2.6–31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплової ізоляції будівель» и ДСТУ–Н Б А.2.2–5 «Настанова з розроблення енергетичного паспорта будинків». Вновь строящиеся здания должны соответствовать классам А–В, модернизированные – С–D.

Проведенные ранее исследования [6] показывают, что теплотехнические показатели ограждающих конструкций более чем в 2,5 раза не удовлетворяют современным требованиям и могут быть улучшены путем дополнительной тепловой изоляции.

С другой стороны, для обогрева определенного здания теплоснабжающая организация должна обеспечить требуемую тепловую мощность, которая обязана компенсировать тепловые потери за вычетом бытовых тепловыделений. Это условие реализуется путем соблюдения теплоснабжающей организацией так называемого температурного графика, который устанавливает значения температур теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах, а также после узла смешивания в зависимости от температуры внешнего воздуха [7]. Работа системы теплоснабжения по температурному графику соответствует качественному способу регулирования тепловой мощности, при котором предполагается постоянство расхода у потребителя, а его тепловая мощность при изменении внешней температуры изменяется температурой теплоносителя.

Таким образом, для определенного здания, в зависимости от его назначения, этажности, объема, места расположения в климатической зоне, устанавливается численное значение удельного расхода тепловой энергии на отопление при нормативной длительности отопительного периода. Кроме того, работа системы отопления должна соответствовать утвержденному температурному графику (рис. 3).

Для оценки удельных показателей за различные периоды времени используется выражения вида

$$q_i = \frac{\Delta E_i}{V} K_{D_d}, \quad (5)$$

где $K_{D_d} = D_{d_norm} / D_{d_tek}$ – коэффициент ГСОП, приведенный к различной длительности отопительного периода: час, сутки, месяц, сезон; ΔE_i – теплопотребление за выбранный период, Гкал или $\text{кВт} \cdot \text{час}$; V – объем здания, м^3 .

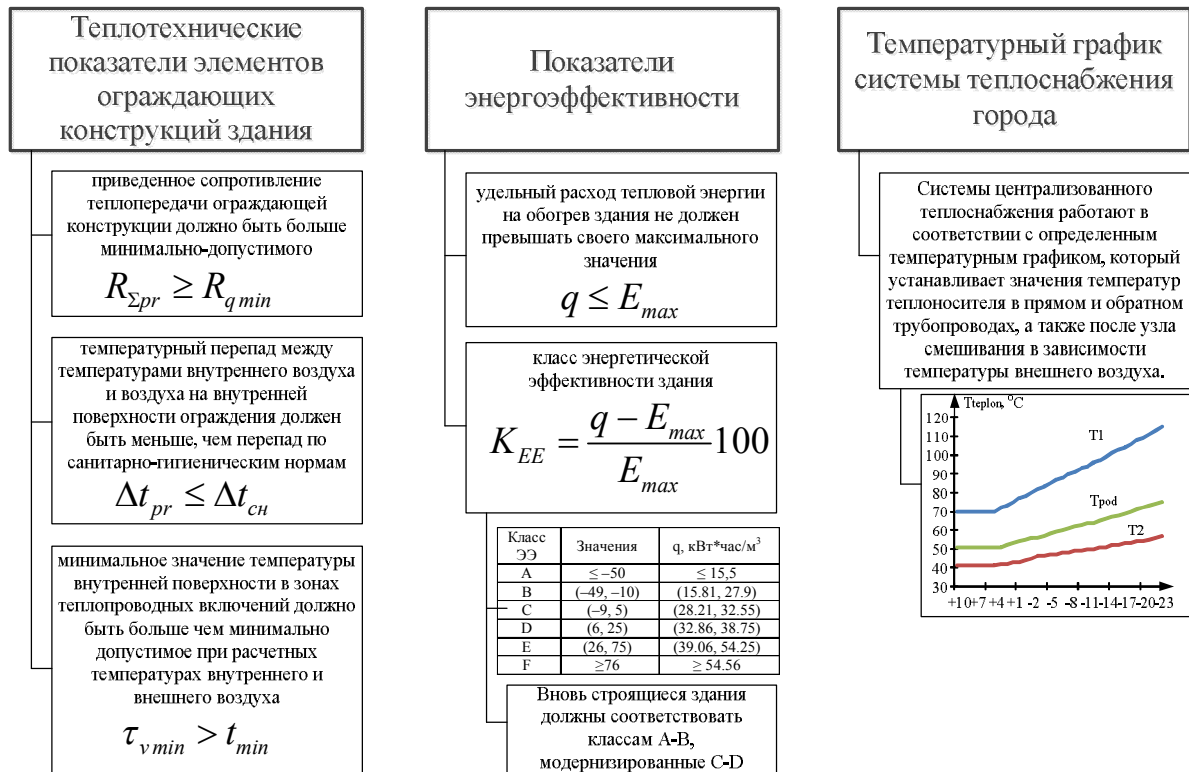


Рисунок 3 – Требования к зданиям

Для осуществления численных процедур расчета удельных показателей целесообразно использовать данные о реальных режимах работы систем отопления, которые получаются от автоматизированных систем мониторинга [8].

Автоматизированная система мониторинга и управления зданиями и сооружениями (АСМУ) – система, построенная на основе программно-технических средств и предназначенная для проведения мониторинга технологических процессов и процессов обеспечения функционирования оборудования в зданиях, передачи информации об их состоянии по каналам связи в дежурно-диспетчерские службы этих объектов для последующей обработки с целью оценивания, предотвращения и ликвидации последствий дестабилизирующих факторов в режиме реального времени, а также для передачи информации о чрезвычайной ситуации в дежурно-диспетчерские службы верхнего уровня управления [8].

Применительно к отоплению АСМУ должна обеспечивать:

- достоверную передачу данных о режимах теплопотребления;
- реализацию тревог при авариях;
- формирование отчетной документации;
- анализ данных в режиме реального времени;
- документирование действий персонала.

В Кременчугском национальном университете имени Михаила Остроградского (КрНУ) разработана и установлена компьютеризированная система для оперативного контроля и управление тепловыми пунктами отдельных учебных корпусов [9]. Система

содержит стандартное промышленное оборудование и осуществляет благодаря разработанному программному обеспечению текущий контроль температурных режимов систем отопления учебных корпусов и оперативное изменение уставок на температуры теплоносителя в зависимости от наружной температуры и условий работы корпусов.

В результате работы АСМУ теплопотребления учебных корпусов КрНУ становятся доступными данные о реальных режимах работы систем отопления отдельных зданий. При этом могут решаться как вопросы идентификации [3], так и вопросы анализа эффективности работы отдельных систем управления отоплением. Так, этапы анализа теплопотребления отдельного здания включают (рис. 4):

1) *задание начальных данных*: тип, назначение и объем здания, климатическая зона, нормативное значение внутренней температуры воздуха, среднее значение наружной температуры воздуха, нормативное значение продолжительности отопительного периода, нормативное значение показателя градусосуток;

2) *формирование массивов данных* о работе системы отопления на основе сигналов с автоматизированного узла управления тепловым пунктом и теплового счетчика. К таким сигналам относятся температуру теплоносителя на вводе в здание, в прямом и обратном трубопроводе, температуру внешнего и внутреннего воздуха, расход теплоносителя и текущую потребляемую мощность. Также в массивы включают уставки значений параметров, которые обрабатываются погодным регулятором автоматизированного узла управления;

3) *расчет* среднечасовых и среднесуточных значений параметров системы отопления при действительных измеренных значениях наружной температуры и продолжительности отопительного периода;

4) *расчет* часовых и суточных значений удельного теплопотребления как функции от часового и суточного показателя D_d (ГСОП), приведенных к действительным значениям внутренней и наружной температуры воздуха;

5) *нормирование* полученных значений удельного теплопотребления относительно показателя класса энергоэффективности – сегментация значений относительно установленных диапазонов (табл. 1). Вывод численных значений параметров СО для каждого класса. Рекомендации по численным значениям уставок погодного регулятора по принципу среднего из значений часового и суточного теплопотребления при одинаковых значениях D_d (ГСОП);

6) *построение* зависимостей энергетических ($q=f(D_d)$ и $E=f(D_d)$) и температурных ($T1=f(D_d)$, $T_{под}=f(D_d)$, $T2=f(D_d)$) показателей;

7) *формирование отчета* по полученным данным для здания: данные п. 1, средние часовые, суточные, месячные и сезонные значения удельного теплопотребления q , наружной T и внутренней температур воздуха T ; длительность отопительного периода, теплопотребление за различные периоды, продолжительность работы СО с различными классами энергоэффективности.

На рис. 5, 6 приведены данные удельного и абсолютного суточного теплопотребления трех учебных корпусов КрНУ с установленными в их тепловых пунктах системами оперативного контроля и удаленного управления теплопотреблением [8] за 2013–2014 отопительный сезон. На рис. 7 приведены температуры теплоносителя на вводе в здание, в прямом и обратном трубопроводе систем отопления трех корпусов. В качестве независимой переменной использован суточный показатель ГСОП. Численные данные сведены в табл. 2.

Анализ полученных данных позволяет заключить следующее:

- здания корпусов № 2 и № 5 в целом соответствуют требованиям к классам энергоэффективности: удельное теплопотребление корпусов № 2 и № 5 меньше E_{max} . Удельное теплопотребление корпуса № 1 приближается к E_{max} (табл. 2);
- присутствуют периоды с наихудшим классом энергоэффективности F и, соответственно, наибольшим теплопотреблением (рис. 5,б). Это объясняется обработкой различных уставок погодных регуляторов при одинаковых наружных температурах в различные периоды времени, а также процессами запуска систем отопления в работу, которые сопровождаются повышенным теплопотреблением;
- температура теплоносителя на вводе в здания в целом соответствует требованиям температурного графика (рис. 5,а);
- температуры теплоносителя (рис. 5,б,в) ниже требуемых по температурному графику. При этом, однако, обеспечивается необходимый уровень теплового комфорта в помещениях в рабочее время (табл. 2).

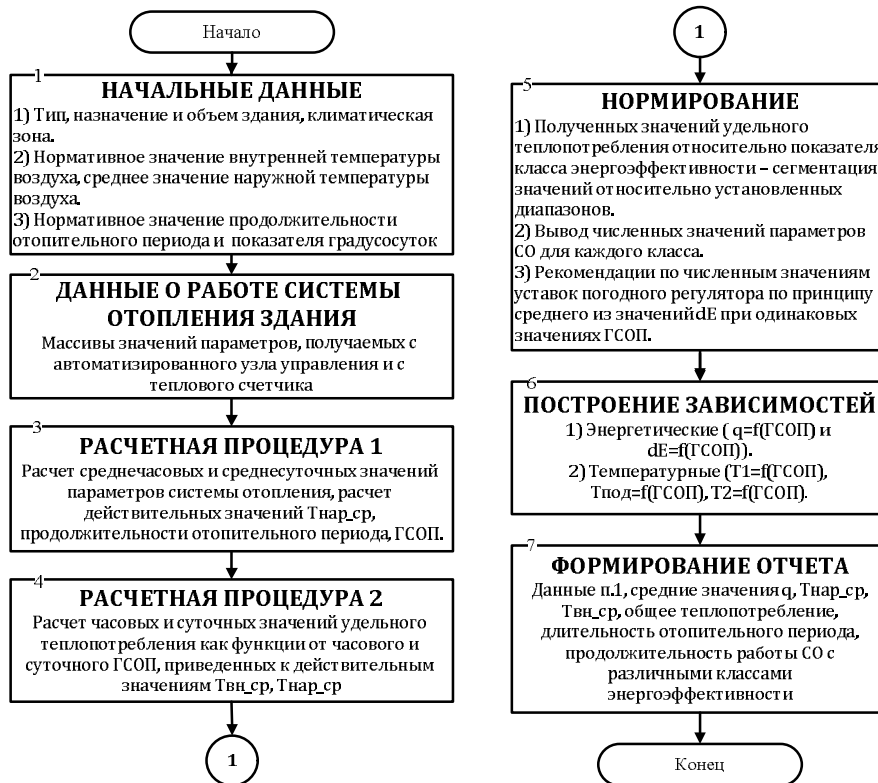


Рисунок 4 – Этапы анализа теплопотребления зданий

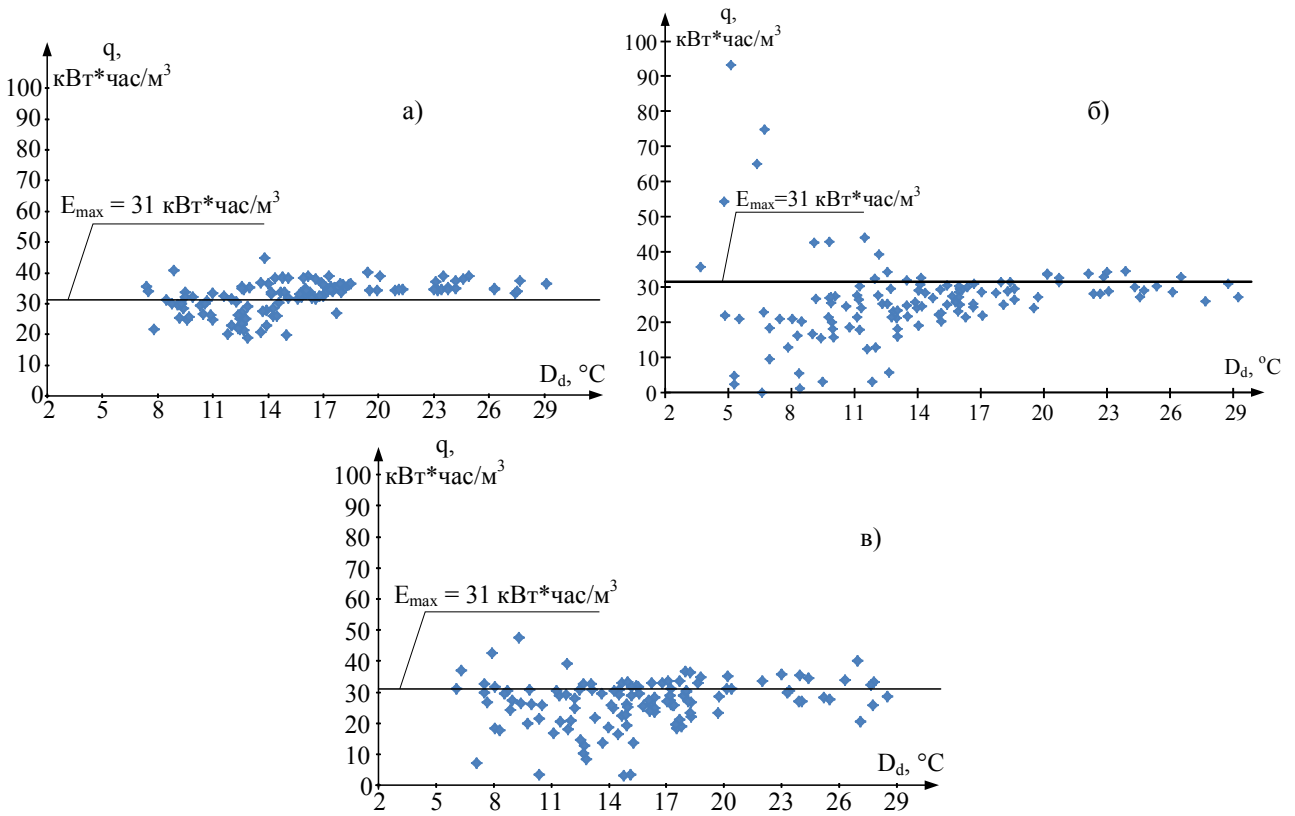


Рисунок 5 – Удельное суточное теплотребление систем отопления учебных корпусов: а) первого, б) второго, в) пятого

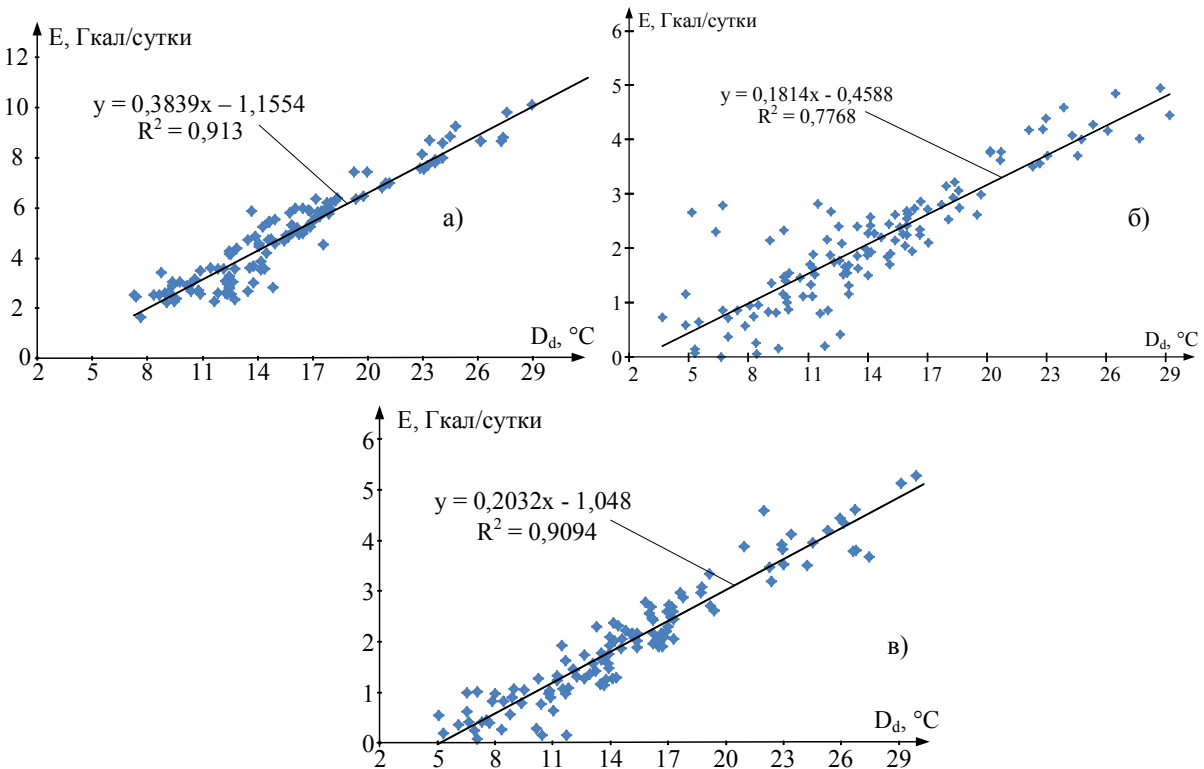
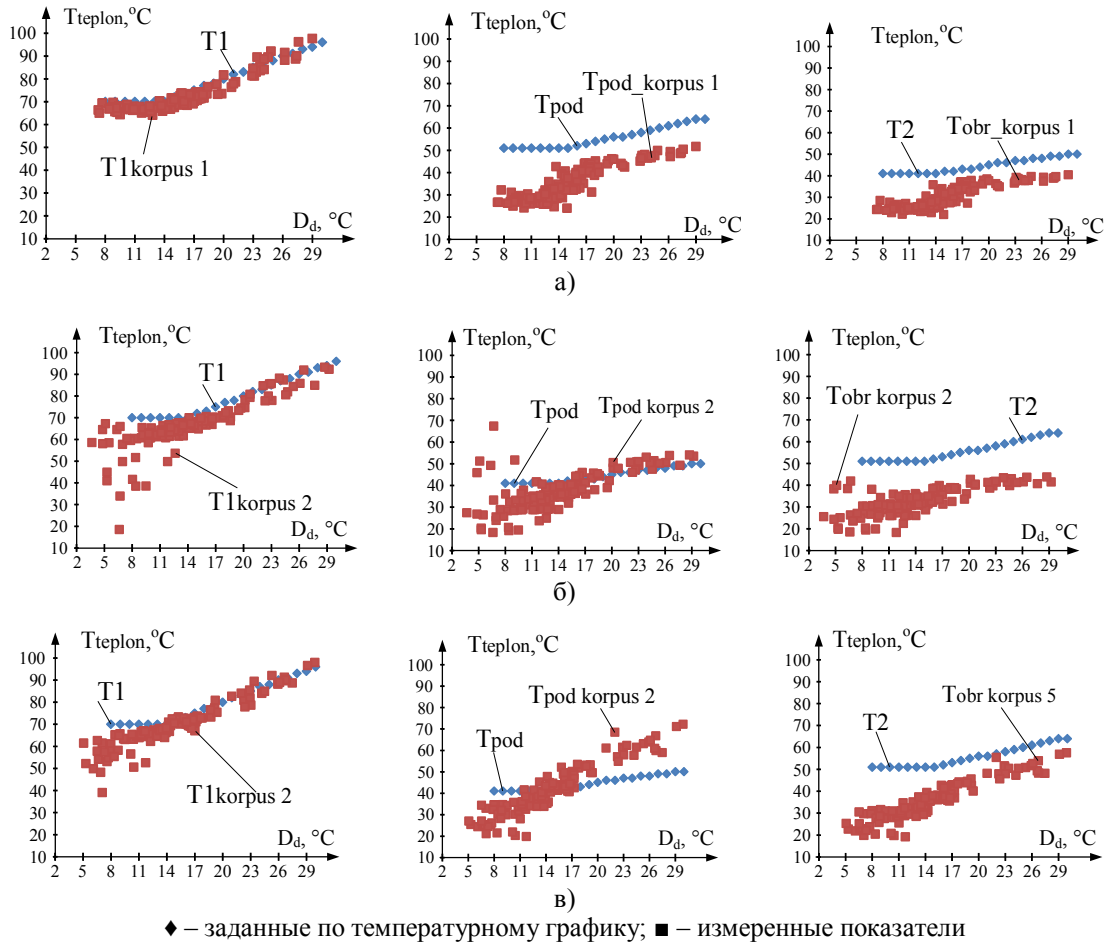


Рисунок 6 – Суточное теплотребление систем отопления учебных корпусов: а) первого, б) второго, в) пятого



◆ – заданные по температурному графику; ■ – измеренные показатели

Рисунок 7 – Температурные показатели работы систем отопления учебных корпусов: а) первого, б) второго, в) пятого

Таблица 2 – Показатели энергоэффективности зданий КрНУ

K_{EE}		корпус 1	корпус 2	корпус 5
A	Количество суток в % от длительности ОП / Теплопотребление в % от общего теплопотребления	0/0	10,6/1,8	8,1/1,1
B		23,6/13,5	49,6/41	43,1/34,5
C		25,2/21,3	26,0/37,3	30,1/37
D		48,8/62,5	7,3/12,7	15,4/24,5
E		2,4/2,7	3,3/3,8	3,3/2,9
F		0/0	3,3/3,4	0
q_{srz} кВт*час/м ³		31,6	26,2	26,9
$T_{vn\ srz}$ °C		18,0	17,9	18,2
$T_{nar\ srz}$ °C		2,2	3,7	1,1
Длительность ОП, суток		163	163	162

ВЫВОДЫ. Выполнен анализ особенностей работы систем отопления различных зданий с использованием показателей энергетической эффективности. В качестве основного показателя для сравнительной оценки работы систем отопления разных зданий использован уточненный удельный расход тепловой энергии, который учитывает измеренные и рассчитанные средние температуры внутреннего и наружного воздуха, длительность отопительного периода, площадь здания и его теплопотребление. Выполнена оценка классов энергетической эффективности систем отопления зданий учебного заведения. Выполнена сравнительная оценка действительных и нормативных расходов теп-

ловой энергии на отопление зданий учебного заведения. Пересчет принятого показателя на часовые и суточные показатели позволяет определять текущие показатели энергоэффективности каждого здания.

Полученные результаты составляют основу энергетического паспорта каждого здания, в котором кроме стандартных позиций по [10], рассчитанных на основе сезонных показателей, уточняются часовые и суточные показатели работы отдельных систем отопления, что может быть использовано для рационального планирования тепловых нагрузок как отдельных зданий, так и их комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Родькин Д.И. Энергосбережение как закономерный этап электрификации народного хозяйства // Проблемы создания новых машин и технологий. – Кременчук: КПИ, 2000. – Вып. 1 (8). – С. 177–183.
2. Пыркков В.В. Современные тепловые пункты: Автоматика и регулирование. – К.: Такі справи, 2007. – 252 с.
3. Перекрест А.Л., Карайбида Т.В. Идентификация процессов в системах отопления учебных зданий // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Вып. 2/2014 (85). – С. 53–60.
4. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінрегіонбуд, 2006. – 73 с.
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд, 2011. – 127 с.
6. Романенко С.С., Перекрест А.Л. Аналіз теплових характеристик будівель навчального закладу // Проблемы энергоресурсосбережения в электро-

технических системах: научное издание. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Вып. 2. – С. 272–274.

7. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 320 с.

8. ДСТУ-Н Б В.2.5-37:2008 Настанова з проектування, монтування та експлуатації автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями та спорудами. – К.: Мінрегіонбуд, 2008. – 14 с.

9. Перекрест А.Л., Найда В.В., Романенко С.С. Оперативный контроль температурных режимов и управление тепловыми пунктами зданий учебного заведения // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вып. 3/2013 (80). – С. 35–43.

10. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. – К.: Мінрегіонбуд, 2011. – 43 с.

ESTIMATION OF EFFICIENCY OF HEATING BUILDINGS UNIVERSITY

A. Perekrest

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
ul. Pervomayskaya, 20, Kremenchug, 39600, Ukraine. E-mail: wey77@mail.ru

Using modern means of automation enables the required heat output of the heating system of buildings and weather dependent change. Analysis of regulatory documents revealed three groups of requirements which must be satisfied with any building heating system. For an assessment of efficiency of actions for regulation of power of systems of heating as the main indicator the specific daily expense of thermal energy on the heating of various buildings given to the valid temperatures of internal and external air, and also duration of the heating period is used. As a result of the analysis indicators of work of systems of heating of three educational cases of university are defined and the conclusion is drawn on classes of their energy efficiency. It is also established that at working off of the lowered temperature schedules by remote control of thermal points of certain buildings demanded values of their thermal power and, respectively, necessary level of thermal comfort in rooms in working hours are provided.

Key words: heating systems, efficiency indicators, specific heat consumption.

REFERENCES

1. Rodkin, D.I. (2000), "Energy conservation as a natural stage of electrification of the national economy", *Problemy sozdaniya novykh mashyn i tehnologiy*, Vol. 1, no. 8, pp. 177–183. (in Russian)
2. Pyrkov, V.V. (2007), *Sovremennye teplovyie punkty: Avtomatika i upravlenie* [Modern heat points: Automation and control], Taki spravy, Kiev. (in Russian)
3. Perekrest, A.L. and Karaybida, T.V. (2014), "Identification processes in heating systems educational buildings", *Visnyk Kremenchustkoho natsionalnoho universyteta imeni Muhaila Ostrohradskogo*, Vol. 2, no. 82, pp. 53–60. (in Russian)
4. State Building Codes V.2.6–31:2006 (2006), *Konstruktzii budynkiv i sporud. Teplova izolyatsiya budivel* [Construction of buildings and structures. Thermal insulation of buildings], Minregionbud, Kiev. (in Ukrainian)
5. State Standard V.1.1–27:2010 (2011), *Budivelna klimatologiya* [Building climatology], Minregionbud, Kiev. (in Ukrainian)
6. Romanenko, S.S. and Perekrest, A.L. (2014), "Analysis of thermal characteristics of educational institution building", *Problemy energoresursosberezheniya v elektrotekhnicheskikh sistemakh*, Vol. 2, pp. 272–274. (in Ukrainian)

7. Zinger, N.M. (1986), *Gidravlicheskie i teplovyie regimy teplofikatsionnykh sistem* [Hydraulic and thermal modes of cogeneration systems], Energoatomizdat, Moscow. (in Russian)

8. DSTU B V.2.5–N–37 (2008), "Guidelines for project-ing, mounting and operation of automated systems, which monitor and manage buildings and structures", Minregionbud, Kyiv. (in Ukrainian)

9. Perekrest, A.L., Naida, V.V., and Romanenko, S.S. (2013), "Operational control of temperature conditions and management thermal paragraphs educational buildings", *Visnyk Kremenchustkoho natsionalnoho universyteta imeni Muhaila Ostrohradskogo*, Vol. 3, no. 80, pp. 35–43. (in Russian)

10. State Standard A.2.2–5:2007 (2011), *Nastanova z rozroblennya ta skladannya energetychnogo pasporta budynkiv pry novomu budivnytvi ta rekonstrukcii* [Guidelines for the development and drafting of the energy passport buildings for new construction and remodeling], Minregionbud, Kiev. (in Ukrainian)

Стаття надійшла 12.06.2014.